

ÜBER DEN BEDARF DER FORELLEN (SALMO GAIRDNERI) AN
THREONIN, PHENYLALANIN UND TYROSIN
UNTER VERWENDUNG GEREINIGTER DIÄTEN

Erika Stieglmaier

Disbui. München

1987



Aus dem Institut für
Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München
Geschäftsführender Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Angefertigt unter der Leitung von
Prof. Dr. J. Gropp

ÜBER DEN BEDARF DER FORELLEN (SALMO GAIRDNERI) AN
THREONIN, PHENYLALANIN UND TYROSIN
UNTER VERWENDUNG GEREINIGTER DIÄTEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von
Erika Stieglmaier
aus
Nürnberg

München, 1987

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. H. Zucker

Referent: Prof. Dr. J. Gropp

Korreferent: Prof. Dr. Dr.habil. R. Hoffmann

Tag der Promotion: 24. Juli 1987

I

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	S. 1
2.	Literatur	S. 3
2.1	Die Aminosäurenbedarfsbestimmung bei Fischen	S. 3
2.2	Rohproteinbedarf	S. 5
2.3	Aminosäurenbedarfsangaben bei Forellen	S. 6
2.3.1	Aminosäurenbedarfsangaben bei Fischen	S. 11
2.4	Die Bestimmung der freien Aminosäuren im Blutplasma zur Bedarfs- ermittlung	S. 13
2.5	Besondere Angaben zu den unter- suchten Aminosäuren	S. 14
2.5.1	Threonin	S. 14
2.5.2	Phenylalanin und Tyrosin	S. 15
3.	Eigene Untersuchungen	S. 17
3.1	Material und Methoden	S. 17
3.1.1	Versuchsplan	S. 17
3.1.2	Tiermaterial	S. 21
3.1.3	Haltung	S. 22
3.1.3.1	Haltung in Versuch I	S. 22
3.1.3.2	Haltung in Versuch II	S. 22
3.1.4	Futter und Fütterung	S. 25
3.1.4.1	Futterzusammensetzung	S. 25
3.1.4.2	Futterzuteilung	S. 32
3.1.5	Versuchsdurchführung	S. 34
3.1.6	Versuchsauswertung	S. 34

II

3.1.6.1	Wachstum	S. 35
3.1.6.2	Futtermittelverzehr	S. 35
3.1.6.3	Futtermittelverwertung	S. 35
3.1.7	Versuchsverlauf	S. 36
3.1.7.1	Versuch I	S. 36
3.1.7.2	Versuch IIa	S. 38
3.1.7.3	Versuch IIb	S. 39
3.2	Ergebnisse	S. 40
3.2.1	Versuch I	S. 40
3.2.2	Versuch II	S. 45
4.	Diskussion	S. 53
4.1	Schätzung des Threoninbedarfs	S. 53
4.2	Schätzung des Bedarfs an Phenylalanin und Tyrosin	S. 54
5.	Zusammenfassung	S. 55
5.1	Summary	S. 57
6.	Literaturverzeichnis	S. 59

Danksagung

Lebenslauf

III

Alpha / α	Spezifische Wachstumsrate
AS	Aminosäuren
FVW	Futtermittelverwertung (g Zunahme / kg Futter)
LM	Lebendmasse
LMZ	Lebendmassezunahme
RP	steht vereinfachend für Rohproteinäquivalent (N x 6,25)
VB	Versuchsbeginn
VE	Versuchsende
Wdh	Wiederholungen

1. Einleitung

In den letzten Jahren wurden im Rahmen einer Versuchsreihe des Instituts für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie verschiedene Rasteruntersuchungen über mögliche Veränderungen in der Zusammensetzung von Forellenfutter durchgeführt. Die Zielsetzung im besonderen liegt dabei in einer Optimierung des Futterproteingehalts durch exakte Bestimmung von Aminosäurenbedarfswerten. Dabei stehen Erwägungen der Kostenoptimierung im Vordergrund; weiterhin gilt es, einen vermeidbaren Proteinüberschuß wegen der Gewässerbelastung durch Proteinabbauprodukte (Ammoniak) zu verhindern.

Verglichen mit anderen Spezies haben Salmoniden mit 40% der Futtertrockensubstanz einen relativ hohen Proteinbedarf. Erste Angaben über brauchbare Proteinquellen im Futter beruhen im wesentlichen auf Erfahrungswerten. Später wurde versucht, den Fischmehlanteil als bisheriger Hauptproteinquelle durch Einsatz anderer Proteinträger zu senken. In Frage kommen dabei sowohl tierische als auch pflanzliche Eiweiße, wobei die Aminosäurezusammensetzung und auch die Verdaubarkeit berücksichtigt werden muß. So liegt die Verdaubarkeit von Tierkörper- oder Geflügelmehl (75,5 % respektive 77,6 %) unter der von Fischmehl (89,1 %) (Gropp 1982). Weitergehende Schlüsse auf die Wertigkeit von Proteinen ließen sich damals aufgrund mangelnder Kenntnisse über den Aminosäurenbedarf der Regenbogenforelle nicht ziehen. Zwar wurde versucht, durch selektiven Zusatz einer Aminosäure zu einem komplexen Protein (z.B. Casein ergänzt mit Arginin) optimale Wachstumsergebnisse zu erzielen. Der Einsatz einer ein Proteingemisch limitierenden Aminosäure gestaltete sich jedoch ohne exakte Kenntnisse des Aminosäurenbedarfs schwierig.

Als geeignetes Versuchsprinzip zur Klärung dieser Frage erscheint die Erstellung einer vollsynthetischen Diät. Hierbei kann die quantitative Aminosäurenbedarfsermittlung problemlos durch Einsatz unterschiedlicher Konzentrationen der verschiedenen Aminosäuren durchgeführt werden.

Im Rahmen dieser Untersuchungen sollte der mengenmäßige Bedarf an Threonin bzw. Phenylalanin und Tyrosin eingegrenzt werden.

2.1 Die Aminosäurenbedarfsbestimmung bei Fischen

Aufbauend auf die Studien von ROSE (1938) an Ratten erprobte HALVER (1957 b) eine synthetische Diät für Lachs-fingerlinge. Er ging bei seinen Bedarfsvorstellungen von der Aminosäurezusammensetzung des Dottersackproteins von Brütlingen und vom Proteingehalt von Lachsbrütlingen selbst aus. Er verwendete für seine Diäten nur L-Aminosäuren. Er ließ jeweils eine Aminosäure weg und tauschte sie gewichtsmäßig gegen α -Zellulose aus. Er ermittelte in diesen Versuchen den qualitativen Aminosäurenbedarf von Chinook-Lachsen. Es erwiesen sich dieselben zehn Aminosäuren für Fische als essentiell, die auch von ROSE für die Ratte als essentiell erkannt worden waren. Arginin, Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin werden auch vom Lachs für normales Wachstum benötigt, während Alanin, Asparaginsäure, Cystin, Glycin, Glutaminsäure, Prolin, Hydroxyprolin, Serin und Tyrosin nicht essentiell sind.

HALVER et al. (1957) stellten deutlich heraus, daß Arginin für Fische essentiell ist, während Glycin für Fische im Gegensatz zum Geflügel (ALMQUIST und GRAU, 1944) nicht essentiell ist.

In den folgenden Jahren bestätigten sich die Aussagen über die Essentialität dieser Aminosäuren durch Arbeiten von HALVER und SHANKS (1960) über den Sockeye-Lachs und von SHANKS et al. (1962) über die Regenbogenforelle.

Durch Fehlen von essentiellen Aminosäuren konnten nicht nur Wachstumsdepressionen ausgelöst werden, sondern es bildeten sich bei selektivem Mangel an einzelnen Aminosäuren spezifische Mangelsyndrome heraus. So konnten durch Tryptophanmangel nach 3 bis 4 Wochen Rückgratverkrümmungen (Skoliose, Lordose) erzeugt werden, die sich nach 1 bis 2 Wochen wieder zurückbildeten (HALVER und SHANKS, 1960). Durch Methioninmangel trat Katarakt bis zur Erblindung auf.

Durch Fehlen von Lysin wurde das Entstehen von Hauterosionen mit nachfolgenden Ektoparasiteninfektionen erleichtert (GROPP, 1982).

Diese Untersuchungen wurden ausschließlich mit L- Aminosäuren durchgeführt. ROBINSON et al. (1978) konnten am Channel Catfish zeigen, daß Methionin auch als Racemat (Gemisch aus D- und L-Form) voll verwertbar ist.

2.2 Rohproteinbedarf

Der Rohproteingehalt in der Naturnahrung der Forellen beträgt etwa 60 %. Der Fisch vermag im Vergleich zum Säugertier das Nahrungsprotein nur zu einem geringeren Prozentsatz zu nutzen. Beträgt das Verhältnis von Proteinansatz zur Menge des verdaulichen Nahrungsproteins beim Säuger etwa 40 bis 60 %, so vermindert es sich bei Fischen auf 20 bis 45 %.

Dies wird vielfach darauf zurückgeführt, daß Fische Aminosäuren durch Oxidation zur Energieversorgung verwenden.

Als Bedarfswert für Rohprotein gibt GROPP (1982) für die Forelle 40 % (bei 90 % Futterrockensubstanz) an. In synthetischen Rationen wurden mehrfach niedrigere Rohprotein-gehalte eingesetzt, da eine suboptimale Versorgung bei der Bedarfsermittlung aus methodischen Gründen durchaus sinnvoll ist.



2.3 Aminosäurenbedarfsangaben bei Forellen

Über den Aminosäurenbedarf der Forelle existieren nur wenige Angaben.

Untersuchungen über den Gehalt der natürlichen Nahrung (in Form von niederen Wassertieren) an essentiellen Aminosäuren wurden von ALBRECHT und WUNSCH (1972) angestellt.

Auch liefern Bestimmungen des Aminosäurenmusters des Forellenproteins, gewonnen aus Ganzkörperanalysen, Anhaltspunkte über den Aminosäurenbedarf, zumal im konventionellen Fischfutter als Eiweißquelle vor allem Fischmehl Verwendung findet.

Diese Werte sind in TAB. 1 zusammengefaßt.

TAB. 1

Aminosäure	Aminosäuregehalt im Nahrungsangebot eines Forellenbaches ALBRECHT und WUNSCHÉ (1972)	Aminosäuremuster im Protein der Gesamt- forelle TIEWS et al. (1973)
	% von RP	g AS/16g N (n = 4)
Arginin	5,8	6,2
Histidin	2,3	3,2
Isoleucin	4,6	4,2
Leucin	6,9	7,0
Lysin	5,7	7,9
Methionin	1,9	3,1
Cystin	1,4	
Phenylalanin	4,4	4,3
Tyrosin	3,8	3,1
Threonin	4,6	4,2
Tryptophan	1,1	
Valin	5,3	5,2
Asparaginsäure		8,9
Glutaminsäure		13,2
Serin		4,0
Glycin		7,0
Prolin		4,7
Alanin		5,6

Die Ergebnisse der von HALVER (1957) an Setzlingen des Chinook Salmon durchgeführten Untersuchungen wurden später auf Forellen übertragen.

MERTZ veröffentlichte im Jahre 1972 Angaben über den Aminosäurenbedarf von Forellen.

OGINO (1980) erhielt aufgrund von Messungen über die tägliche Zunahme jeder einzelnen essentiellen Aminosäure (bei Verfütterung von hochwertigem Protein) im Forellenkörper andere Werte. Er vertritt die Ansicht, daß der Bedarf an essentiellen Aminosäuren bezogen auf 100 g Körpergewicht pro Tag der täglichen Zunahme des essentiellen Aminosäuregehalts pro 100 g Körpergewicht entspricht, was ernährungsphysiologisch schwer zu rechtfertigen sein dürfte. Die Körpersynthese an Protein übersteigt den Ansatz in der Regel um ein Vielfaches, jede bestimmte Syntheseleistung stellt Anforderungen an wieder ein anderes Aminosäuremuster.

Über diese Angaben informiert TAB. 2 .

TAB. 2

Aminosäurenbedarfswerte für die Forelle

Aminosäure (% von RP)	MERTZ (1972)	OGINO (1980)
Threonin	2,25	3,4
Lysin	5,0	5,3
Methionin	1,5 ¹⁾	1,8
Leucin	3,9	4,4
Isoleucin	2,5	2,4
Valin	3,2	3,1
Phenylalanin	5,1 ²⁾	3,1
Tryptophan	0,5	0,5
Arginin	6,0	3,5
Histidin	1,7	1,6
Tyrosin		2,1
Cystin		0,9

1) Bei 1,8 % Cystein

2) Bei Phenylalanin und Tyrosin 6 - 7 %

Über den Argininbedarf der Forelle wurden von KAUSCHIK (1979) Untersuchungen in unterschiedlichen Lebensräumen, im Frisch- und Salzwasser angestellt. Er ermittelte einen Bedarfswert zwischen 4,3 und 4,7 % vom Rohprotein. Als Parameter diente ihm neben dem Wachstum der Forellen die Bestimmung des freien Arginin in Blut und Gewebe der Tiere. FRANK (1984) kam durch Versuche mit synthetischen Diäten zu einem Bedarfswert von 2 - 4 % vom Rohprotein. GROPP et al. (1986) gibt einen Argininbedarfswert von 4 % vom Rohprotein an, KETOLA (1983) jedoch 5,4 % vom Rohprotein bzw. 5,9 % vom Rohprotein für Brütlinge.

Über den Lysinbedarf existieren ebenfalls unterschiedliche Angaben. GROPP et al. (1976) nennen einen maximalen Bedarfswert von 4,3 % vom Rohprotein. Der Lysinbedarf der jungen Regenbogenforelle wurde von KIM und HAYES (1983) mit 1,3 % der Futtertrockensubstanz oder 3,7 % vom Rationsprotein angegeben. STRAUSS (1982) ermittelte mit Hilfe synthetischer Diäten einen Lysinbedarf von 4,1 bis 4,3 % vom Rohprotein. Von KETOLA (1983) wird allerdings für Brütlinge ein Lysinbedarfswert von 6,1 % vom Rohprotein bestimmt. WALTON et al. (1984) geben wiederum 4,3 % vom Rohprotein als Lysinbedarf an.

Der Tryptophanbedarf scheint bei 0,5 % vom Rohprotein zu liegen; nach GROPP (1986) ergeben sich Bedarfswerte zwischen 0,5 und 0,75 % vom Rohprotein.

Für die Schwefelaminosäuren (Methionin und Cystein) dürften Werte von 3 % vom Rohprotein bedarfsdeckend sein (nach GROPP, 1986).

2.3.1 Aminosäurebedarfsangaben bei Fischen

Nachdem HALVER et al. den Aminosäurebedarf von Chinook-Lachsen qualitativ bestimmt hatten, bemühte sich dieselbe Autorengruppe auch um quantitative Aussagen. Aus Ergebnissen von HALVER (1958), CHANCE et al. (1964) und KLEIN und HALVER (1970) können die Bedarfswerte des Chinook - Lachses an essentiellen Aminosäuren zusammengestellt werden.

Weitere Bedarfswerte für dieselben zehn Aminosäuren, die ARAI et al. (1972) für den Aal als essentiell erkannt hatten, wurden von COWEY (1979) (nach ARAI und NOSE, 1978) veröffentlicht.

Die Untersuchungen am Karpfen gestalteten sich durch die mangelnde Verwertbarkeit synthetischer Aminosäuren zunächst schwierig (AOE et al., 1970).

Erst nach ph - Anhebung des Futterproteins wurden weitere Versuche möglich. Der quantitative Aminosäurebedarf des Karpfens wurde 1979 von NOSE publiziert.

Beim Channel Catfish wurde ähnlich wie beim Karpfen die Verwertbarkeit der synthetischen Aminosäureration durch Anhebung des ph - Wertes zur Neutralität verbessert. Durch Zusammenfassung der Ergebnisse von WILSON et al. (1978) und ROBINSON et al. (1979, 1980 a und b) kann eine Übersicht über die Bedarfswerte beim Channel Catfish erstellt werden.

Die Bedarfswerte für Chinook - Lachs, Aal, Karpfen und Channel Catfish sind in TAB. 3 zusammengefaßt.

TAB. 3

Aminosäurenbedarfsangaben bei Fischen

Aminosäure (% von RP)	Chinook- Lachs nach STRAUSS (1982)	Aal nach COWEY (1979)	Karpfen NOSE (1979)	Channel Catfish nach STRAUSS 1982)
Threonin	2,25	3,6	3,9	2,21
Lysin	5,0	4,8	5,7	5,1
Methionin	1,5 ¹⁾	3,3 ²⁾	2,1 ³⁾	2,34 ⁴⁾
Valin	3,2	3,6	3,6	2,96
Leucin	3,9	4,1	3,3	3,5
Isoleucin	2,5	3,6	2,5	2,58
Phenylalanin			3,4	4,5 ⁵⁾
Tryptophan	0,5	1,0	0,8	0,5
Arginin	6,0	3,9	4,3	
Histidin	1,7	1,9	2,1	1,54

1) Bei 1 % Cystin

2) Bei 1,6 % Cystein

3) Bei 2 % Cystin

4) Bei 0 % Cystin

5) Phenylalanin und Tyrosin

2.4 Die Bestimmung von freien Aminosäuren im Blutplasma als Parameter zur Bedarfsermittlung

Erste Versuche führte CHANCE (1962) bei Lachsen durch. Er verwendete Fische von unterschiedlichem Gewicht. Der Gehalt an freien Aminosäuren im Blutplasma erwies sich als abhängig von der Größe der Fische.

KAUSCHIK (1979) führte Versuche zur Ermittlung des Bedarfs an Arginin durch. Er ließ Regenbogenforellen drei Tage hungern, verabreichte ihnen dann Versuchsfutter, das Arginin in fünf verschiedenen Konzentrationen enthielt und nahm, nach einer Nacht Hungern, die Blutentnahme vor. Er sah diejenige Argininkonzentration im Futter als Bedarfswert an, bei der ein Anstieg an freiem Arginin im Blutplasma zu verzeichnen war. Er kam durch seine Untersuchungen auf einen Bedarfswert zwischen 4,3 und 4,7 % vom Rohprotein.

Der unterschiedliche Konzentrationsanstieg der essentiellen und der nicht essentiellen Aminosäuren im Blutplasma nach der Fütterung wurde für die Regenbogenforelle von SCHLISIO und NICOLAI (1977) und für den Karpfen von PLAKAS et al. (1980) gezeigt. So stieg die Konzentration der essentiellen Aminosäuren nach der Fütterung stets an, während sich die nicht essentiellen Aminosäuren unterschiedlich verhalten. Der Zeitpunkt der Blutentnahme wurde von SCHLISIO und NICOLAI (1977) für die Forelle bei 24 Stunden nach der Fütterung gewählt; PLAKAS et al. (1980) ermittelten für den Karpfen die maximale Konzentration an freien Aminosäuren im Blutplasma bei 4 Stunden nach der Fütterung und nahmen dann die Blutentnahme vor.

2.5 Besondere Angaben zu den untersuchten Aminosäuren

2.5.1 Threonin

Die ersten Bedarfsangaben bauten auf Untersuchungen von HALVER (1958) an Chinook - Lachsen auf. Er arbeitete mit einer Diät aus Casein, Gelatine und einer Aminosäuremischung mit einem Rohproteingehalt von 40 %. Die Threoninkonzentrationen bewegten sich zwischen 0,36 und 1,81 % der Futtertrockensubstanz. Die besten Wachstumsergebnisse erzielte er mit einer Ration, die 0,9 % der Trockensubstanz oder 2,25 % des Proteins enthielt.

Er führte diese Untersuchungen bei zwei verschiedenen Wassertemperaturen durch (8,3 und 14,4 Grad C), konnte jedoch keine Unterschiede nachweisen.

OGINO (1980) ermittelte einen Threoninbedarf von 3,3 % für den Karpfen und von 3,4 % für die Forelle bei 40 % Rationsprotein.

Über spezifische Threoninmangelkrankheiten wird nichts berichtet. Bei Unterversorgung treten unspezifische Symptome wie Verzehrs- und Wachstumsdepression, sowie Aktivitätsverlust auf.

2.5.2 Phenylalanin und Tyrosin

Der Bedarf an aromatischen Aminosäuren wurde häufig als Gesamtbedarf an Phenylalanin und Tyrosin bestimmt, da Tyrosin vom Organismus aus Phenylalanin gebildet werden kann. Tyrosin wird deshalb als Sparaminosäure bezeichnet. NOSE (1979) beschrieb für den Karpfen die Abhängigkeit des Phenylalaninbedarfs von der Tyrosinzufuhr und damit den Spareffekt des Tyrosins auch bei Fischen.

ROBINSON, WILSON und POE (1980) führten umfangreiche Versuche zur Bestimmung des Gesamtbedarfs an Phenylalanin und Tyrosin, des Phenylalaninbedarfs bei konstantem Tyrosin-gehalt in der Ration und des möglichen Ersatzes von Phenylalanin durch Tyrosin durch. Als Versuchstiere dienten Channel Catfish - Fingerlinge. Die Basaldiät enthielt Casein und Gelatine, ergänzt mit kristallinen Aminosäuren als Proteinquelle (Proteingehalt 24 %). Bei der Bestimmung des Gesamtbedarfs an Phenylalanin und Tyrosin unter Berücksichtigung optimalen Wachstums und Futterverwertung erhielten sie einen Bedarfswert von 1,2 % der Futtertrockensubstanz oder 5,0 % des Rohproteins. Die Möglichkeit des Ersatzes von Phenylalanin durch Tyrosin versuchten die Autoren bei einem Gesamtgehalt an Phenylalanin und Tyrosin von 1,1 % der Futtertrockensubstanz und variierenden Anteilen der einzelnen Aminosäuren zu ermitteln. Die besten Ergebnisse erzielten sie bei nahezu gleichen Anteilen.

Die Autoren schlossen daraus, daß Phenylalanin etwa zur Hälfte durch Tyrosin ersetzt werden kann. Die weiteren Untersuchungen über den Phenylalaninbedarf führten zu folgendem Ergebnis:

Bei 2,5 % Tyrosin vom Rohprotein ergibt sich ein Bedarf an Phenylalanin von 2,04 % vom Rohprotein. Übermäßige Tyrosinkonzentrationen hatten keine negativen Auswirkungen zur Folge.

Für Phenylalanin und Tyrosin werden bei Unterversorgung nur über unspezifische Symptome berichtet.

3. Eigene Untersuchungen

In drei Versuchen sollten unter Verwendung synthetischer Diäten mit kristallinen Aminosäuren als einziger Proteinquelle orientierende Daten über den Bedarf der Regenbogenforelle an Threonin sowie Phenylalanin und Tyrosin ermittelt werden.

Als Versuchskriterien dienten Wachstum, Futterverwertung und Mortalität.

Bei Versuch I wurde zu Versuchsende Lebergewicht und Gesamtfischgewicht festgehalten.

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Versuchsplan

Versuch I :

Durch Verwendung unterschiedlicher Threoninkonzentrationen, die sich zwischen 4,9 und 2,2 % von RP bewegten, sollte mit Hilfe 6 verschiedener Rationen der Bedarf der Regenbogenforelle an Threonin eingegrenzt werden. Die Möglichkeit der Verwertung von DL-Threonin wurde in einer Ration durch Verwendung von Threonin als Racemat untersucht. Der Rohprotein-gehalt der einzelnen Rationen lag bei 24,1 %.

Eine Übersicht über Versuch I gibt TAB. 4 wieder.

TAB. 4

Versuchsplan Versuch I

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Thr (% v. RP)	4,3	4,3 ¹⁾	2,2	3,2	3,8	4,9
RP (%)	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Wiederholung	2	2	2	2	2	2
Tierzahl	40	40	40	40	40	40

1) Als DL-Threonin

Versuchsdauer 8 Wochen

Die Fischbecken waren mit 20 Fischen besetzt, das durchschnittliche Einzelfischgewicht betrug zu Versuchsbeginn 21,4 g. Für jede Versuchsgruppe wurde mit zwei Wiederholungen gearbeitet.

Versuch II :

Versuch II a und b diente zur Eingrenzung des Bedarfs an Phenylalanin und Tyrosin. Es wurde sowohl mit verschiedenem Gesamtgehalt an Phenylalanin plus Tyrosin gearbeitet, als auch bei gleichem Summengehalt mit unterschiedlichen Phenylalanin bzw. Tyrosin-Konzentrationen. In den ersten 6 Versuchsgruppen betrug der Gesamtgehalt an Phenylalanin und Tyrosin 10,3 % vom Rohprotein bzw. (in Gruppe 5) 10,2 % vom Rohprotein, die Phenylalanin-Konzentration stieg dabei von 0 % bis 10,3 % vom Rohprotein an. In zwei weiteren Versuchsgruppen wurde die Gesamtkonzentration von Phenylalanin plus Tyrosin auf 8,1 % herabgesetzt und in den beiden letzten Versuchsgruppen auf 11,3 % vom Rohprotein erhöht. Der Rohproteingehalt in der Ration lag bei 24,1 %.

Die Becken waren für Versuch II a mit 44 Fischen mit einem Durchschnittsgewicht von 4,1 g bei Versuchsbeginn besetzt, für Versuch II b mit 13 Fischen/Becken, bei einem Durchschnittsgewicht von 25,1 g bei Versuchsbeginn.

Die Versuchsanlage von Versuch II a und b ist in TAB. 5 zusammengefaßt.

TAB. 5

Versuchsplan Versuch II a und b

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe (% v.RP)	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr (% v.RP)	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Wiederholung	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tierzahl v. IIa	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
v. IIb	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

Versuchsdauer Versuch IIa 8 Wochen

Versuchsdauer Versuch IIb 12 Wochen

3.1.2 Tiermaterial

Alle in den Versuchen verwendeten Forellensetzlinge erhielten während der Eingewöhnungsphase (Versuch I und II a : 12 Tage; Versuch II b : 14 Tage) ein im Handel befindliches Forellenfutter (Forelli, Firma Plange in Wangen) 2 mal täglich (Versuch II b : 3mal täglich) verabreicht.

Versuch I:

Die 240 Regenbogenforellensetzlinge für Versuch I stammten vom Fischgesundheitsdienst in Grub aus dessen "SPF-Beständen". Sie wurden dort mit handelsüblichem Forellenfutter gefüttert und wogen zu Beginn der Vorperiode 20,6 g.

Versuch II a:

Die hierzu benötigten Setzlinge wurden der Nachzucht des Instituts entnommen. Sie wurden bis dahin mit granuliertem Forellenfutter zweimal pro Tag gefüttert. Zu Beginn der Vorperiode hatten die Tiere ein Durchschnittsgewicht von 3,1 g.

Versuch II b:

130 Forellensetzlinge wurden wiederum vom Fischgesundheitsdienst in Grub aus dessen "SPF-Beständen" zur Verfügung gestellt. Sie waren bis dahin mit pelletiertem Forellenfutter gefüttert worden. Die Fische hatten zu Beginn der Vorperiode ein Durchschnittsgewicht von 19,1 g.

3.1.3 Haltung

Die Durchführung der Versuche erfolgte in zwei verschiedenen Fischhaltungsanlagen.

3.1.3.1 Haltung in Versuch I

Die Fische wurden in 12 Rundbecken gehalten, diese Anlage ist bei SCHWALB und GROPP (1979) ausführlich beschrieben. Die Wasserversorgung erfolgte jedoch durch nicht temperiertes Frischwasser.

Der Besatz erfolgte mit 20 Fischen pro Becken bei einem Einzelfischgewicht von durchschnittlich 20,6 g zu Beginn der Vorperiode. Daraus ergab sich eine Besatzdichte von 8,24 g/l.

Während des Versuchs wurden Wassertemperatur, pH-Wert und Wasserzufluß in zweiwöchigem Abstand und der Sauerstoffgehalt dreimal während des Versuchs gemessen.

3.1.3.2 Haltung in Versuch II

Der Besatz erfolgte in Versuch II a mit 44 Fischen von einem Durchschnittsgewicht von 3,1 g zu Beginn der Vorperiode. Daraus ergab sich eine Besatzdichte von 3,17 g/l. Für Versuch II b wurden 13 Fische pro Becken verwendet, die im Mittel 19,1 g wogen. Die Besatzdichte betrug hier 5,77 g/l.

Während der Versuche erfolgten Temperatur, pH-Wert- und Zuflußmessungen in zweiwöchigem Abstand. Die Sauerstoffkonzentrationen wurden während Versuch II a zweimal und

während Versuch II b dreimal gemessen.

Die Fischhaltung in Versuch II a und b erfolgte nacheinander in derselben Glasaquarienanlage, die von REITER (1984) eingehend erklärt wurde.

Über die Wasserwerte der beiden Versuche informieren TAB. 7, 8 und 9.

TAB. 6

Durchschnittliche Analysendaten des
Münchner Leitungswassers (Wasserwerk
München)

	X	X min.	X max.
pH	7,44	7,25	7,60
Ca (mg/l)	79,4		
Mg (mg/l)	22,2		
Gesamthärte (G.d)	16,2		
Karbonathärte (G.d)	15,0	14,1	15,8

1 Grad d = 10 mg CaO/l

TAB. 7

	Wasserwerte Versuch I		
	X	X min.	X max.
Wassertemperatur (°C)	10,4	10,3	10,5
Sauerstoff (ppm)	8,6	8,4	8,8
Zufluß (l/min.)	0,5		
pH	7,5		

TAB. 8

	Wasserwerte Versuch II a		
	X	X min.	X max.
Wassertemperatur (°C)	10,5	10,4	10,6
Sauerstoff (ppm)	8,6	8,4	8,8
Zufluß (l/min.)	0,5		
pH	7,5		

TAB. 9

	Wasserwerte Versuch II b		
	X	X min.	X max.
Wassertemperatur (°C)	10,4	10,3	10,5
Sauerstoff (ppm)	8,6	8,4	8,8
Zufluß (l/min.)	0,5		
pH	7,5		

3.1.4 Futter und Fütterung

3.1.4.1 Futterzusammensetzung

Für alle Versuche wurde eine Aminosäuren-Vormischung hergestellt, die alle Aminosäuren bis auf die jeweils zu untersuchenden Aminosäuren enthielt. Die N-Äquivalenz der Rationen (24,1 % Rohprotein) wurde durch Zusatz von Glutaminsäure eingestellt. Die Zusammensetzung der jeweiligen Vormischungen ist aus TAB. 10 ersichtlich.

TAB. 10

Aminosäure	Zusammensetzung der Aminosäuren- vormischungen (in g)	
	Versuch I	Versuch II
L-Histidin HCl H ₂ O	0,78	0,78
L-Tyrosin	1,00	
L-Phenylalanin	1,46	
L-Methionin	0,75	0,75
L-Cystein	0,42	0,42
L-Leucin	2,44	2,44
L-Isoleucin	1,18	1,18
L-Valin	1,56	1,56
Glycin	2,25	2,25
L-Prolin	1,44	1,44
L-Arginin HCl	1,26	1,26
L-Tryptophan	0,13	0,13
L-Lysin HCl	1,34	1,34
L-Glutaminsäure	12,05	12,05
L-Threonin		1,06

Als Fettquelle enthielten die Futtermischungen 15 % Rotbarschöl, an weiteren Nahrungsbestandteilen 2 % Zellulose, 5,15 % einer Mineralstoff- und Spurenelementmischung und 0,6 % einer Vitaminmischung.

Desweiteren wurde Luprosil (Ca-Propionat der Firma BASF, Ludwigshafen) in einer Konzentration von 0,3 % zugemischt, um einen möglichen Befall mit Schimmelpilzen zu verhindern. Alle Rationen wurden mit Maisquellstärke (Flocculante) ad 100 aufgefüllt.

Die Zusammensetzung der Spurenelementvormischung bzw. der Vitaminvormischung zeigt TAB. 11 und TAB. 12.

Nach der Mischung der einzelnen Rationen wurde maschinell pelletiert (Durchmesser 3 mm, in Versuch II a 1,5 mm).

Das Futter wurde trocken bei Raumtemperatur aufbewahrt.

TAB. 11

Zusammensetzung der Spurenelementevormischung

in 1,5 g sind enthalten (= pro kg Futter)

Fe (aus Eisenfumarat)	150	mg
Zn (aus Zinkacetat)	120	mg
Mn (aus Mangansulfat x H_2O)	120	mg
Cu (aus Kupferacetat x H_2O)	18	mg
J (aus Kaliumjodid)	3,75	mg
Co (aus Kobaltsulfat x 7 H_2O)	1,5	mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H_2O)	0,75	mg
F (aus Natriumfluorid)	7,5	mg
Mg (aus Magnesiumoxid)	105	mg

TAB. 12

Zusammensetzung der
Vitaminvormischung

Alle Angaben pro kg Futter

Retinol	9,0 mg
Cholecalciferol	66 mcg
α -DL-Tocopherolacetat	72 mg
Menadion (aus MSB)	2,4 mg
Thiamin	10,8 mg
Riboflavin	14,4 mg
Pyridoxin	6,0 mg
Cobalamin	60 mcg
Biotin	180 mcg
Folsäure	360 mcg
Ca-Pantothenat	36 mg
Nicotinsäure	108 mg
Cholin	900 mg
Ascorbinsäure	180 mg

Versuch I:

In Ration (2) wurde DL-Threonin verwendet, in den anderen Rationen L-Threonin. Die Zusammensetzung der Rationen (1) bis (6) ist in TAB. 13 aufgeführt.

Versuch II:

Über die Futterzusammensetzung informiert TAB. 14.

TAB. 13

Rationszusammensetzung Versuch I

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
AS-Basale ¹⁾	28,06	28,06	28,06	28,06	28,06	28,06
Threonin	1,04	1,04 ⁴⁾	0,52	0,78	0,91	1,17
Glutaminsäure	4,02	4,02	4,68	4,35	4,19	3,86
Rotbarschöl	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Zellulose	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Flocculante	43,83	43,83	43,69	43,76	43,79	43,86
Spurenelemente-VM ²⁾	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Vitamin-VM ³⁾	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
KCl	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
CaHPO ₄ x 2H ₂ O	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
NaH ₂ PO ₄ x H ₂ O	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KH ₂ PO ₄	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
CaCO ₃	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
MgO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Luprosil	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
RP Gesamt	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Thr % v. RP	4,3	4,3 ⁴⁾	2,2	3,2	3,8	4,9

1) Siehe TAB. 10

2) Vormischung siehe TAB. 11

3) Vormischung siehe TAB. 12

4) DL-Threonin

Angaben in Gewichtsprozent

Rationszusammensetzung Versuch II (in Gewichtsprozent)

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
AS-Basale ¹⁾	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66	26,66
Phenylalanin	1,46	2,74	1,95	0,91	0,39	0	1,46	0,49	2,05	0,68
Tyrosin	1,01	0	0,52	1,56	2,08	2,47	0,49	1,46	0,68	2,05
Glutaminsäure	3,98	3,85	3,89	4,03	4,07	4,12	4,39	4,48	3,72	3,85
Rotbarschöl	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Zellulose	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Flocculante	43,84	43,70	43,93	43,79	43,75	43,70	43,95	43,86	43,84	43,71
Spurenelemente-VM ²⁾	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Vitamin-VM ³⁾	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
KCL	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
CaHPO ₄ x 2H ₂ O	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65	1,65
NaH ₂ PO ₄ x H ₂ O	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
KH ₂ PO ₄	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
CaCO ₃	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
MgO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Luprosil	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Gesamt	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
RP Gesamt %	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Phe % v.RP	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr % v.RP	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5

1) Siehe TAB. 10; 2) Vormischung siehe TAB. 11; 3) Vormischung siehe TAB. 12

3.1.4.2 . Futterzuteilung

Die tägliche Futterzuteilung richtete sich nach der letzten Wiegung, wobei zu Versuchsbeginn 2 % der Körpermasse/Becken und Tag eingewogen wurden. Während des Versuchs verendete Fische wurden gewogen und ihr Gewicht vom Gesamtgewicht sämtlicher im Becken befindlicher Fische subtrahiert, woraus sich die neue Lebendmasse pro Becken zur Berechnung der neuen täglichen Futtermenge ergab. Im Laufe der Versuche wurde die Futtermenge teilweise wegen nachlassender Futteraufnahme reduziert.

Futter wurde 2 mal täglich (morgens und abends) bzw. in Versuch II b dreimal täglich (morgens, mittags und abends) angeboten, an Wiegetagen wurde nicht gefüttert.

Versuch I:

Während der 12tägigen Vorperiode betrug die tägliche Futtermenge 2 % des Lebendgewichts. Nach der 4. Versuchswoche wurde die zugeteilte Futtermenge auf 1,5 % der Lebendmasse herabgesetzt.

Versuch II a:

In Versuch II a dauerte die Vorperiode 12 Tage, während derer die Fische 2,5 % der Lebendmasse pro Tag als Futter erhielten. Nach der zweiten Versuchswoche wurde die Futtermenge auf 2 % der Lebendmasse, nach der vierten Versuchswoche auf 1,5 % der Lebendmasse reduziert.

Versuch II b:

Die Vorperiode betrug 14 Tage. Versuchsfutter wurde zunächst in einer Menge von 2 %, nach der zweiten Woche von 1,5 % und nach der 4. Woche nur noch von 1,25 % angeboten.

Nahmen die Fische das Futter trotz langsamer Fütterung nicht vollständig auf, wurde die nicht verzehrte Menge zurückgewogen.

Angaben über die tägliche Futtermenge finden sich in TAB. 15.

TAB. 15

	Fütterungsniveau		
	Futtermenge (in % der LM)		
	Versuch I	Versuch IIa	Versuch IIb
Vorperiode	2,0	2,5	2,0
1. - 2. Woche	2,0	2,5	2,0
3. - 4. Woche	2,0	2,0	1,5
5. - 6. Woche	1,5	1,5	1,25
7. - 8. Woche	1,5	1,5	1,25
9. - 10. Woche			1,25
11. - 12. Woche			1,25

3.1.5 Versuchsdurchführung

Bei der Einwaage der Fische wurde darauf geachtet, daß das Durchschnittsgewicht der Einwaage pro Becken annähernd gleich war. Die Verteilung der Rationsgruppen auf die Aquarien erfolgte zufällig. Gewogen wurde in jeweils 14-tägigem Abstand.

Die Endwiegung fand bei Versuch I und II a nach 8 Wochen, bei Versuch II b nach 12 Wochen statt.

Für Versuch I wurde jedes Becken mit 20 Fischen besetzt. Die Fische hatten zu Beginn der 12-tägigen Vorperiode ein durchschnittliches Gewicht von 20,6 g, das bis zum Versuchsbeginn auf ein Durchschnittsgewicht von 21,4 g je Fisch anwuchs.

In Versuch II a wogen die Fische zu Beginn der Vorperiode durchschnittlich 3,1 g, zu Versuchsbeginn 4,1 g im Mittel; der Beckenbesatz lag bei 44 Fischen.

Das durchschnittliche Einzelfischgewicht betrug in Versuch II b zu Beginn der Vorperiode 19,1 g, die Becken wurden mit 13 Fischen besetzt.

3.1.6 Versuchsauswertung

Es wurde jeweils beckenweise gewogen und daraus die Werte für Einzelfische berechnet. Verendeten Tiere innerhalb einer Wiegeperiode, wurde dies bei den Berechnungen berücksichtigt.

Der gesamte Beckenbesatz konnte auf 0,1 g genau gewogen werden.

3.1.6.1 Wachstum

Die Werte zur Beurteilung des Wachstums wurden sowohl absolut in g Zunahme als auch relativ mit Hilfe der spezifischen Wachstumsrate α angegeben, die sich nach folgender Formel errechnet:

$$W_t = W_0 \left(1 + \frac{\alpha}{100} \right)^t$$

$$\alpha = \left(\sqrt[t]{\frac{W_t}{W_0}} - 1 \right) \times 100$$

W_t = Lebendmasse zum Zeitpunkt t

W_0 = Lebendmasse zu Versuchsbeginn bzw. zur letzten Zwischenwiegung

t = Zeit in Tagen

α = spezifische Wachstumsrate

3.1.6.2 Futterverzehr

Die Angabe des Futterverzehrs erfolgt in g luftgetrockneten Futters pro Fisch über einen bestimmten Zeitraum.

3.1.6.3 Futterverwertung

Als Futterverwertung wird die Zunahme an Körpergewicht in g pro aufgenommenes Futter in kg errechnet.

$$FVW = \frac{LMZ \text{ (g)}}{\text{Futteraufnahme (kg)}}$$

3.1.7 Versuchsverlauf

Zu Versuchsbeginn nahmen die Fische das Futter gut auf, im Laufe des Versuchs ließ die Futteraufnahme allmählich nach, was zunächst durch sehr langsame Fütterung kompensiert werden konnte. Später erforderte die Verzehrsdepression eine Reduzierung der zugeteilten Futtermenge.

3.1.7.1 Versuch I

Die während des Versuchs verendeten Fische starben ohne besondere Krankheitsanzeichen. Die Mortalitätsrate betrug 16,25 %. Dabei ist jedoch eine artifizielle Mortalitäts-erhöhung infolge eines Defektes in der Frischwasserver-sorgung zu berücksichtigen, wodurch 2 Becken während einer Nacht betroffen waren. Die effektive Mortalitätsrate beläuft sich daher lediglich auf 13,9 %.

TAB. 16 zeigt eine Übersicht über die Mortalität in Versuch I.

TAB. 16

Mortalität in Versuch I						
Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Thr (% v. RP)	4,3	4,3 ¹⁾	2,2	3,2	3,8	4,9
RP (%)	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
1. - 2. Woche	5	4	4	3	3	2
3. - 4. Woche	2	1	1	0	1	1
5. - 6. Woche	0	5	1	4 ²⁾	7 ²⁾	2
7. - 8. Woche	7	4	2	5	7	7
Gesamt	14	14	8	12	18	12

1) Als DL-Threonin

2) Hier war durch einen Algenpfropf der Wasserzufluß über Nacht vermindert

Tierzahl pro Gruppe: 40 Fische

3.1.7.2 Versuch II a

Bei den verendeten Fischen konnten keine spezifischen Krankheitsanzeichen festgestellt werden. Die Mortalitätsrate lag bei 17,96 %, wobei die meisten Todesfälle in den letzten beiden Versuchswochen zu verzeichnen waren. Die Mortalität von der 1. bis zur 6. Versuchswoche betrug lediglich 5 %.

TAB. 17 informiert über die Mortalität in Versuch II a.

TAB. 17

Mortalität in Versuch IIa										
Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe (% v.RP)	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr (% v.RP)	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
1. - 2. Woche	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3. - 4. Woche	2	0	1	3	0	0	1	1	1	1
5. - 6. Woche	3	2	2	8	1	2	10	1	3	1
7. - 8. Woche	3	33	21	15	6	0	28	3	3	2
Gesamt	8	36	24	26	7	2	39	5	7	4

Tierzahl pro Gruppe: 44 Fische

3.1.7.3 Versuch II b

Die Mortalität während dieses Versuchs war mit 44,2 % von Anfang an außergewöhnlich hoch (siehe TAB. 18).

TAB. 18

Mortalität in Versuch IIb

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
1. - 2. Woche	3	4	5	8	4	6	3	3	3	4
3. - 4. Woche	1	0	0	2	2	0	0	1	1	2
5. - 6. Woche	1	1	1	0	2	4	0	1	0	1
7. - 8. Woche	0	4	4	2	1	0	0	1	3	2
9. - 10. Woche	4	2	1	0	1	1	2	3	3	0
11. - 12. Woche	2	0	3	4	2	0	1	3	2	1
Gesamt	11	11	14	16	12	11	6	12	12	10

Tierzahl pro Gruppe: 26 Fische

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Versuch I

Die Endergebnisse sind in TAB. 19 zusammengefaßt.

Die besten Zunahmen und die beste Futterverwertung waren bei Gruppe (3) mit 2,2 % Threonin vom Rohprotein zu Versuchsende zu beobachten, bei Gruppe (4) mit 3,3 % Threonin erscheinen die Ergebnisse nur wenig schlechter. Während des Versuchs waren in dieser Gruppe sogar bessere Zunahmen zu verzeichnen. Schlechter waren die Gruppen mit höher werdenden Threoninkonzentrationen, nämlich Rationsgruppe (5) mit 3,8 %, Gruppe (1) mit 4,3 %, schließlich Ration (2) mit 4,3 % DL-Threonin.

Geringste Zunahmen und niedrigste Futterverwertung wurden bei 4,9 % Threonin im Rationsprotein beobachtet.

Die Mortalität lag bei den beiden Gruppen (3) und (4) mit den besten Zunahmen mit 3,2 % am niedrigsten; es folgten die anderen Gruppen mit 4,4 % für Gruppe (5) 4,8 % für Gruppe (1) und (2).

In TAB. 20 ist das Verhalten von α während der einzelnen zweiwöchigen Versuchsabschnitte gezeigt. In Gruppe (3) und Gruppe (4) mit 2,3 und 3,2 % Threonin vom Rohprotein lagen die einzelnen Werte von Anfang an recht hoch; lediglich in je einem Versuchsabschnitt waren schlechtere Wachstumswerte zu verzeichnen. Gruppe (5) mit 3,8 % Threonin vom Rohprotein erzielte bis auf den vorletzten Versuchsabschnitt noch brauchbare Zuwachsraten. Die Gruppen (2) und (6) mit 4,3 % DL-Threonin bzw. 4,9 % Threonin nahmen zu Anfang nur ganz wenig an Gewicht zu; die Fische der Gruppe (1) mit 4,3 % verloren im ersten Versuchsabschnitt sogar an Gewicht.

TAB. 19

Endergebnisse in Versuch I						
Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Thr (% v.RP)	4,3	4,3 ¹⁾	2,2	3,2	3,8	4,9
RP (%)	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
Tierzahl	40	40	40	40	40	40
Verluste	14	14	8	12(8) ²⁾	18(11) ²⁾	12
LM (g) VB	21,0	21,2	20,9	20,9	22,1	22,1
Wdh 1	21,9	22,1	20,3	21,0	22,3	20,9
Wdh 2	20,0	20,3	21,4	20,8	21,9	23,3
LM (g) VE	23,4	23,5	25,1	24,8	25,2	24,3
Wdh 1	24,7	24,9	26,2	25,3	25,3	23,2
Wdh 2	22,0	22,1	23,9	24,2	26,0	25,3
LMZ (g)	2,4	2,3	4,2	3,9	3,1	2,2
Wdh 1	2,8	2,8	5,9	4,5	2,0	2,3
Wdh 2	2,0	1,8	2,5	3,4	4,1	2,0
α	0,20	0,18	0,33	0,30	0,23	0,17
Wdh 1	0,22	0,21	0,46	0,33	0,15	0,19
Wdh 2	0,17	0,15	0,20	0,27	0,31	0,15
FVZ (g)	16,3	16,2	17,2	17,5	17,7	16,8
Wdh 1	16,9	16,4	17,9	17,9	17,7	15,8
Wdh 2	15,7	16,0	16,6	17,1	17,8	17,9
FVW (g/kg)	147	142	244	223	175	131
Wdh 1	166	171	330	251	113	146
Wdh 2	127	113	151	199	230	112

1) DL-Threonin

2) Zahlen in Klammern: nach Abzug der durch technischen Defekt eingetretenen Verluste

Leberbefunde Versuch I

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Thr (% v. RP)	4,3	4,3 ¹⁾	2,2	3,2	3,8	4,9
RP (%)	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
n	10	10	10	10	10	10
$\bar{x}$ Gewicht (g)	22,3 $\pm$ -3,7	26,3 $\pm$ -5,3	25,6 $\pm$ -6,8	24,8 $\pm$ -6,4	23,9 $\pm$ -4,9	24,9 $\pm$ -6,6
$\bar{x}$ Lebergew. (g)	0,67 $\pm$ -0,29	0,99 $\pm$ -0,68	0,78 $\pm$ -0,69	0,71 $\pm$ -0,24	0,55 $\pm$ -0,22	0,78 $\pm$ -0,48
Lebergew. (% d. LM)	2,96 $\pm$ -1,08	3,51 $\pm$ -1,76	2,89 $\pm$ -1,71	2,89 $\pm$ -0,79	2,23 $\pm$ -0,67	2,94 $\pm$ -1,11
Anzahl der Leber- farbveränderungen nach beige	1	3	2	1	1	1

1) DL-Threonin

3.2.2 Versuch II

Die Endergebnisse sind in TAB. 22 und TAB. 24 zusammengefaßt.

In Versuch II a waren für Gruppe (6) (10,3 % v. RP Tyrosin, kein Phenylalanin) von Anfang an deutlich niedrige Wachstumswerte zu verzeichnen. Diese Entwicklung war bis zum Versuchsende zu beobachten, in den letzten beiden Versuchsabschnitten nahmen diese sogar an Gewicht ab. In den Gruppen mit einem Gesamtgehalt von 10,3 % Rohprotein aus Phenylalanin und Tyrosin erzielte Gruppe (3) (8,1 % Phenylalanin, 2,2 % Tyrosin) ab der vierten Versuchswoche schlechtere Wachstumsergebnisse als die anderen Rationen. Die Werte lagen unter denen von Gruppe (5) (1,6 % Phenylalanin, 8,6 % Tyrosin.) Zu Versuchsende glichen sich die Ergebnisse von Gruppe (3) und (5) an.

Das völlige Fehlen von Tyrosin in Gruppe (2) war zunächst dem Wachstum nicht abträglich. Ab der vierten Versuchswoche waren hingegen Gewichtsverluste zu beobachten, sodaß für die Gesamtversuchsdauer Gewichtskonstanz erzielt wurde. Gruppe (1) und (4) erzielten zu Versuchsende etwa gleiche Werte. Gruppe (4) und (1) (6,1 % Phenylalanin, 4,2 % Tyrosin) ließ ab der zweiten Woche und ab der vierten Woche Wachstumsdepressionen erkennen.

Bei den beiden Gruppen mit insgesamt 8,1 % aromatischen Aminosäuren vom Rohprotein bestand zunächst wenig Unterschied. In den letzten beiden Versuchswochen fiel jedoch Gruppe (8) (2,0 % Phenylalanin, 6,1 % Tyrosin) leicht gegenüber Gruppe (7) (6,1 % Phenylalanin, 2,0 % Tyrosin) zurück.

Bei einem Gesamtgehalt an Phenylalanin und Tyrosin von 11,3 % vom Rohprotein erzielte Gruppe (10) (2,8 % Phenylalanin) von Anfang an sehr gute Ergebnisse. Bei Gruppe (9) (8,5 % Phenylalanin) ließ der Zuwachs ab der vierten Woche nach.

TAB. 22

Endergebnisse Versuch IIa										
Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe (% v.RP)	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr (% v.RP)	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP %	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
LM (g) VB	4,0	4,1	4,2	4,2	3,9	4,0	4,1	4,1	4,1	4,1
Wdh 1	4,0	4,2	4,2	4,1	3,9	4,1	4,1	3,9	4,1	4,0
Wdh 2	4,0	3,9	4,2	4,2	3,9	3,8	4,1	4,3	4,1	4,2
LM (g) VE	5,0	5,0	4,9	5,2	4,8	4,0	5,2	5,1	5,1	5,6
Wdh 1	4,6	4,8	4,4	4,9	4,7	4,1	4,9	4,9	5,0	5,5
Wdh 2	5,4	5,1	5,4	5,5	4,8	3,8	5,4	5,2	5,2	5,7
LMZ (g)	1,0	0,9	0,7	1,0	0,9	0	1,1	1,0	1,0	1,5
Wdh 1	0,6	0,6	0,2	0,8	0,8	0	0,8	1,0	0,9	1,5
Wdh 2	1,4	1,2	1,3	1,3	0,9	0	1,3	0,9	1,1	1,5
α	0,40	0,36	0,27	0,40	0,34	0	0,41	0,38	0,40	0,56
Wdh 1	0,25	0,24	0,08	0,32	0,30	0	0,32	0,41	0,36	0,57
Wdh 2	0,54	0,48	0,45	0,48	0,37	0	0,49	0,34	0,43	0,56
FVZ (g)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,7	3,9	4,1	4,2	4,0
Wdh 1	3,8	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,6	3,9	3,9	3,9
Wdh 2	4,0	3,9	3,9	3,9	4,0	3,6	4,1	4,3	4,4	4,2
FVW (g/kg)	256	231	179	256	230	0	282	244	238	375
Wdh 1	158	154	51	205	210	0	222	256	231	385
Wdh 2	350	308	333	333	225	0	317	209	250	357
Tierzahl	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Verluste	8	36	26	26	7	2	39	5	7	4

Insgesamt erreichte in Versuch II a Gruppe (10) beste Wachstumswerte vor den Rationsgruppen (7), (9), (1) und (4) mit nahezu gleichwertigen Wachstumsergebnissen. Es folgten in absteigender Reihe Gruppe (8), (2), (5) und (3). Gruppe (6) erzielte eindeutig die schlechtesten Zunahmen.

Betrachtet man die Ergebnisse unter dem Gesichtspunkt der Futterverwertung, führt dies zu einer ähnlichen Reihung. Deutlich den besten Wert erzielt Gruppe (10), ähnlich gute Werte wiederum die Versuchsgruppen (7), (4), (1) und (9). Weiter folgen die Rationsgruppen (8), (2), (5) und (3).

Aus TAB. 23 ist die Wachstumsrate α der einzelnen Versuchsabschnitte ersichtlich.

Gruppe (10) erzielte in allen 4 Versuchsabschnitten die besten Zuwachsraten. Gruppe (7) und (1) hatten bis zu Versuchsende Zunahmen zu verzeichnen. Die Gruppen (9), (8), (4) und (5) nahmen bis zur sechsten Versuchswoche an Gewicht zu, wobei die Werte für α im vorletzten Versuchsabschnitt gleich waren, im zweiten Versuchsabschnitt in der Reihenfolge Gruppe (9), (4), (5) und (8) abfielen. Die Gruppen (2), (3) und (6) nahmen nur bis zur 4. Versuchswoche zu, im zweiten Versuchsabschnitt liegen Gruppe (2) vor Gruppe (3) und Gruppe (6).

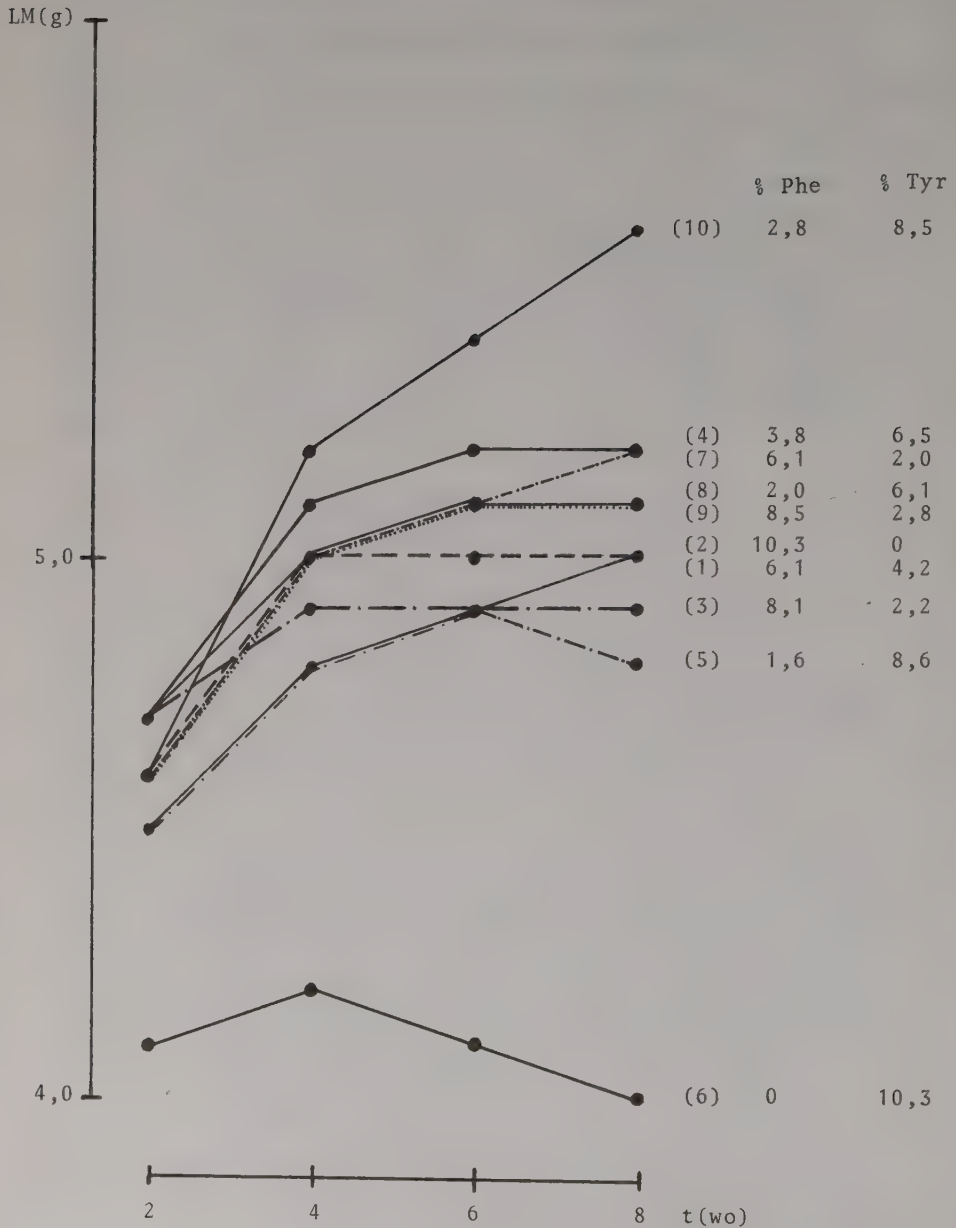
Die Mortalitätsrate liegt in diesem Versuch bei Gruppe (6) (ohne Phenylalanin) am niedrigsten. Die Gruppen (10), (8) (5), (9) und (1) weisen Mortalitätsraten zwischen 4,5 und 9 % auf. Deutlich höhere Werte fallen bei den Gruppen (3) und (4) mit etwa 28,5 % und bei den beiden Gruppen (2) und (7) mit etwa 42 % Mortalität auf.

TAB. 23

Verhalten von α in Versuch IIa

Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe (% v. RP)	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr (% v. RP)	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP %	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
1. - 2. Woche	0,84	0,83	0,81	0,81	1,03	0,17	0,83	0,83	0,83	0,83
3. - 4. Woche	0,46	0,60	0,30	0,59	0,46	0,17	0,60	0,44	0,60	0,87
5. - 6. Woche	0,15	0	0	0,14	0,15	0	0,14	0,14	0,14	0,27
7. - 8. Woche	0,14	0	0	0	0	0	0,14	0	0	0,26

ABB. 1 LEBENDMASSEZUNAHME VERSUCH IIa



In Versuch II b ergaben sich etwas andere Verhältnisse. Überraschenderweise hatte Gruppe (6) (ohne Phenylalanin) bis zum Versuchsende Zuwachsraten zu verzeichnen. Die beiden Gruppen mit einem Gesamtgehalt von nur 8,1 % an Phenylalanin und Tyrosin (Gruppe (7) und (8)) erzielten die schlechtesten Wachstumsergebnisse. Die Fische der Gruppe (3) (8,1 % Phenylalanin, 2,2 % Tyrosin) nahmen nur bis zur 8. Versuchswoche an Gewicht zu und erzielten dadurch bis Versuchsende ebenso schlechte Wachstumsraten.

Gruppe (1) (6,1 % Phenylalanin, 4,2 % Tyrosin) wies die größten Zunahmen auf, gefolgt von Gruppe (2) (10,3 % Phenylalanin) und Gruppe (5) (1,6 % Phenylalanin, 8,6 % Tyrosin).

Von den beiden Gruppen mit insgesamt 11,3 % vom Rohprotein aus aromatischen Aminosäuren lieferte Gruppe (10) mit 2,8 % Phenylalanin und 8,5 % Tyrosin die zweitbesten Zuwachsraten dieses Versuchs; Gruppe (9) erreichte (8,5 % Tyrosin und 2,8 % Phenylalanin) nur Gewichtszunahmen, die im unteren Bereich des Versuchsdurchschnitts lagen.

Die Futterverwertungsergebnisse zu Versuchsende zeigen ein ähnliches Ergebnis wie die Zuwachsraten. Die Gruppen (1), (2) und (10) erreichten die besten Werte. Annähernd gleiche Daten über die Futterverwertung erzielten die Gruppen (6) und (9), mit etwas niedrigerer Futterverwertung folgt Gruppe (4), dann die beiden Gruppen (7) und (8) mit 8,1 % Gesamtgehalt an Phenylalanin und Tyrosin, weiterhin mit der schlechtesten Futterverwertung die Gruppen (5) und (3).

Aus TAB. 25 ist ersichtlich, daß nur Gruppe (1) während der ganzen Versuchsdauer Zuwachsraten zu verzeichnen hatte, die von der 5. bis zur 8. Versuchswoche im unteren, ansonsten im oberen Bereich des Versuchsdurchschnitts lagen. Gruppe (10) erreichte nach vorübergehender initialer Gewichtsabnahme ab der 3. bis einschließlich der 8. Woche die besten Zuwachsraten des Gesamtversuchs, im Weiteren

TAB. 24

Endergebnisse Versuch IIB										
Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe (% v.RP)	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr (% v.RP)	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,8	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP %	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
LM (g) VB	24,8	24,4	25,5	25,5	25,3	24,8	25,3	24,6	25,0	25,3
Wdh 1	24,6	25,8	25,1	25,9	26,8	24,5	25,6	25,3	24,5	24,9
Wdh 2	25,0	23,9	25,8	25,1	23,8	25,0	25,0	23,9	25,5	25,6
LM (g) VE	32,1	30,4	28,5	31,0	29,7	28,7	28,4	27,8	28,7	31,1
Wdh 1	33,5	30,1	30,1	34,0	27,9	27,1	29,0	28,8	27,0	31,8
Wdh 2	30,6	30,6	26,8	27,9	31,5	30,3	27,7	26,7	30,4	30,4
LMZ (g)	7,3	6,0	3,0	5,5	4,4	3,9	3,1	3,2	3,7	5,8
Wdh 1	8,9	4,3	5,0	8,1	1,1	2,6	3,4	3,5	2,5	6,9
Wdh 2	5,6	6,7	1,0	2,8	7,7	5,3	2,7	2,8	4,9	4,8
α	0,31	0,24	0,14	0,23	0,19	0,18	0,14	0,14	0,17	0,25
Wdh 1	0,37	0,18	0,22	0,39	0,05	0,12	0,15	0,15	0,12	0,29
Wdh 2	0,24	0,39	0,05	0,13	0,33	0,23	0,12	0,13	0,21	0,21
FVZ (g)	18,6	16,0	20,6	19,3	16,8	15,7	14,6	15,2	15,3	17,1
Wdh 1	18,7	14,7	18,9	19,4	16,5	15,1	15,1	15,4	14,9	16,7
Wdh 2	18,4	17,3	22,2	19,1	17,1	16,3	14,0	15,0	15,6	17,4
FVW (g/kg)	395	375	146	222	173	248	212	210	241	339
Wdh 1	476	293	265	418	67	172	225	227	168	413
Wdh 2	304	387	45	147	450	325	193	187	314	276
Tierzahl	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Verluste	11	11	14	16	12	11	6	12	12	10

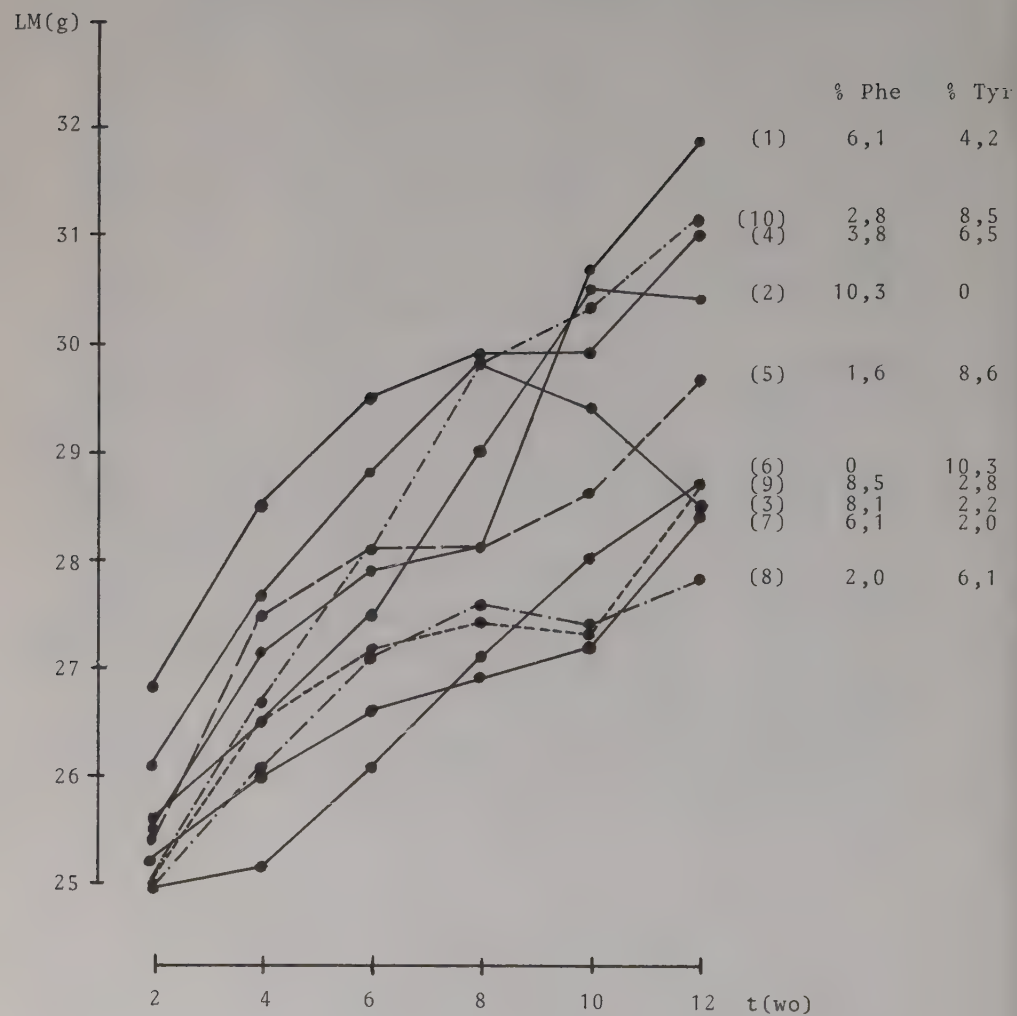
reduzierten sich die Werte wieder. Insgesamt ist das Verhalten von α in den einzelnen Versuchsabschnitten jedoch sehr uneinheitlich.

Die Mortalitätsrate der einzelnen Versuchsgruppen weist in diesem Versuch nur geringe Unterschiede auf.

TAB. 25

Verhalten von α in Versuch IIb										
Code Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Phe (% v.RP)	6,1	10,3	8,1	3,8	1,6	0	6,1	2,0	8,5	2,8
Tyr (% v.RP)	4,2	0	2,2	6,5	8,6	10,3	2,0	6,1	2,8	8,5
Phe + Tyr (% RP)	10,3	10,3	10,3	10,3	10,2	10,3	8,1	8,1	11,3	11,3
RP %	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1	24,1
1. - 2. Woche	0,19	0,34	0,17	0,36	0,03	0	0	0,06	0	0
3. - 4. Woche	0,46	0,24	0,43	0,44	0,44	0,11	0,22	0,37	0,41	0,47
5. - 6. Woche	0,23	0,26	0,28	0,25	0,15	0,25	0,16	0,27	0,19	0,39
7. - 8. Woche	0,05	0,38	0,24	0,10	0	0,27	0,08	0,13	0,05	0,39
9. - 10. Woche	0,63	0,36	0	0	0,13	0,23	0,08	0	0	0,12
11. - 12. Woche	0,32	0	0	0,26	0,27	0,18	0,31	0,10	0,38	0,19

ABB. 2 LEBENDMASSEZUNAHME VERSUCH IIb



4. Diskussion

Alle Versuche wurden in Frischwasseranlagen durchgeführt, es wurde auch ausschließlich Versuchsfutter angeboten, jedoch ist eine Minimalversorgung mit organischem Material (Mikroorganismen, Algen etc.) möglicherweise nicht völlig auszuschließen (GROPP, 1987).

4.1. Schätzung des Threoninbedarfs

Annähernd vergleichbar gute Wachstumsergebnisse wurden bei 2,2 und 3,2 % Threonin vom Rohprotein erzielt. Bei den Rationen mit höheren Threoninkonzentrationen zeigte sich eine deutliche Wachstumsdepression. Threoninwerte über 3,2 % vom Rohprotein erscheinen daher nicht bedarfsgerecht, eher sogar wachstumsmindernd. Die schlechten Ergebnisse bei der Fütterung von Threonin als Racemat sind möglicherweise auf eine dadurch induzierte Stoffwechselbelastung des Fischorganismus zurückzuführen. Hinweise dafür ergeben sich durch die festgestellte Lebergewichtserhöhung und im Vergleich zu anderen Gruppen erhöhte Verfettungsrate.

Die erzielten Werte stimmen in etwa mit Angaben aus der Literatur überein. So wurde von HALVER (1958) ein Bedarfs- wert von 2,25 % vom Rohprotein für den Chinook-Lachs an- gegeben, von OGINO (1980) wird der Bedarf mit 3,4 % vom Rohprotein für die Forelle eingeschätzt.

Basierend auf dem vorbeschriebenen Versuch darf angenommen werden, daß der Threoninbedarf der Regenbogenforelle nicht über 3,2 % vom Rohprotein liegt; 2,2 % Threonin vom Rohprotein scheint noch bedarfsgerecht zu sein.

4.2 Schätzung des Phenylalanin- und Tyrosinbedarfs

Die Essentialität von Phenylalanin konnte überraschenderweise nur bei den in Versuch II a verwendeten kleineren Setzlingen (4,1 g LM) eindeutig nachgewiesen werden. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen hatten die größeren Setzlinge in Versuch II b (25,1g LM) über die gesamte Versuchsdauer - wenn auch nur geringe - Zunahmen zu verzeichnen.

Ein Gesamtangebot von 8,1 % an Phenylalanin plus Tyrosin scheint für die in Versuch II b eingesetzten Forellen (25,1 g LM) nicht auszureichen; Gewichtszunahmen und Futterverwertungsdaten waren hier sehr niedrig. Bei den kleineren Setzlingen besteht möglicherweise ein niedrigerer Gesamtbedarf.

Bei höheren Gesamtkonzentrationen an Phenylalanin und Tyrosin konnte eine deutliche Leistungssteigerung beobachtet werden. Ein Gesamtgehalt von 11,3 % führte in der Regel noch zu besserer Leistung als ein Gesamtgehalt von 10,3 % Phenylalanin und Tyrosin.

Der Phenylalaninbedarf scheint abhängig vom Gesamtangebot an Phenylalanin plus Tyrosin zu sein.

Bei einem Gesamtgehalt von 10,3 % vom Rohprotein in der Ration erwies sich in den durchgeführten Versuchen eine Phenylalaninkonzentration von 6,1 % vom Rohprotein für optimale Leistung als notwendig. Wenig schlechtere Versuchsdaten ergaben sich bei einem Phenylalaningehalt von 3,8 % vom Rohprotein, eine Phenylalaninkonzentration von 1,6 % scheint insbesondere für die größeren Setzlinge nicht auszureichen.

Bei einer Gesamtzufuhr an Phenylalanin plus Tyrosin von 11,3 % vom Rohprotein genügt möglicherweise ein niedrigerer Phenylalaningehalt. In den beschriebenen Versuchen konnte

sehr gute bis beste Leistung bei einer Phenylalanin-konzentration von 2,8 % vom Rohprotein nachgewiesen werden.

Fehlendes Tyrosinangebot wurde bei 10,3 % Phenylalanin vom Rohprotein kompensiert. In den durchgeführten Versuchsreihen wurden noch Ergebnisse beobachtet, die im oberen Drittel des Versuchsdurchschnitts liegen. Optimale Leistung scheint aber, selbst bei ausreichender Phenylalaninzufuhr, auch ein gewisses Tyrosinangebot zu benötigen.

Die ermittelten Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß der Gesamtbedarf an Phenylalanin und Tyrosin höher liegt als bisher angenommen. MERTZ (1972) geht für die Forelle bei einem Gesamtangebot an Phenylalanin und Tyrosin in Höhe von 6 - 7 % von einem Phenylalaninbedarf von 5,1 % vom Rohprotein aus.

OGINO (1980) gibt, ebenfalls für die Forelle, Bedarfswerte von 3,1 % vom Protein für Phenylalanin und 2,1 % vom Protein für Tyrosin an. Auch für den Channel - Catfish ist von niedrigerem Bedarf die Rede; ROBINSON et al. (1980) geben 5,1 % vom Rohprotein Gesamtbedarf an Phenylalanin und Tyrosin an.

5. Zusammenfassung

In 3 Versuchen an insgesamt 1380 Forellensetzlingen wurde der Bedarf der Regenbogenforelle an Threonin sowie an Phenylalanin und Tyrosin untersucht. Als Proteinträger wurde eine Mischung kristalliner L-Aminosäuren (entsprechend 24 % Rationsprotein N x 6,25) verwendet. Durch Austausch der Testamino-säuren gegen Glutaminsäure waren alle Rationen N-äquivalent. Als Versuchskriterien dienten Wachstum, Futterverwertung und Mortalität.

In Versuch I (2 x 20 Setzlinge / Gruppe) wurde Threonin in Konzentrationen von 2,2 über 3,2, 3,8 und 4,3 bis 4,9 % vom Rohprotein über 8 Wocheneingesetzt. Alle Versuchskriterien ergaben die besten Werte bei Threoninkonzentrationen von 2,2 und 3,2 %. Höhere Threoningehalte führten zu schlechterer Leistung. Daraus wird geschlossen, daß der Threoninbedarf wahrscheinlich 3,2 nicht übersteigt, 2,2 % werden als noch bedarfsdeckend angenommen.

In Versuch II a und b (2 x 44 Setzlinge / Gruppe bzw. 2 x 13 Setzlinge / Gruppe) wurden 3 verschiedene Gesamtkonzentrationen von Phenylalanin plus Tyrosin (8,1, 10,3 und 11,3 % vom Rationsprotein) untersucht.

Offensichtlich genügen 8,1 % Phenylalanin und Tyrosin unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht. Mit 11,3 % wurden in der Regel bessere Ergebnisse als mit 10,3 % Phenylalanin und Tyrosin erzielt. Phenylalanin erwies sich für kleine Setzlinge (4,1 g LM) als essentiell. Bei größeren Fischen (25,1 g LM) wurde jedoch bei fehlender Phenylalanin-Zufuhr noch Gewichtszunahme erreicht, welche die Essentialität von Phenylalanin zumindest in Frage stellt. Tyrosin konnte dagegen durch Phenylalanin ersetzt werden. Dennoch scheint die Zufuhr beider Aminosäuren für optimale Leistung notwendig zu sein.

Höhere Gesamtsummen an Phenylalanin und Tyrosin scheinen eine niedrigere Phenylalanin - Versorgung zu erlauben.

Absolut gesehen scheinen 6,1 % Phenylalanin zu genügen, bei 11,3 % Phenylalanin und Tyrosin wurden bereits mit 2,8 % Phenylalanin vergleichbar gute Wachstums- und Futterverwertungsdaten erzielt.

5.1

Summary

Requirement of threonine, phenylalanine and tyrosine in purified diets for rainbow trout.

In three experiments, the threonine, phenylalanine and tyrosine requirement of rainbow trout was determined in a total of 1380 rainbow trout fingerlings. The protein source was a mixture of crystalline L- amino acids (equivalent to 24 % dietary protein, N x 6,25). A gradual exchange of each of the tested amino acids by glutamic acid guaranteed N- equivalency of all the diets.

The experimental criteria were fish growth, feed conversion and mortality.

In experiment I (2 x 20 fingerlings per group), threonine was provided in different concentrations, 2,2 %, 3,2 %, 3,8 %, 4,3 % and 4,9 % of dietary protein. The experiment was conducted for 8 weeks.

Optimal results in all tested categories were seen at threonine concentrations of 2,2 % and 3,2 %. Exceeding concentrations of threonine showed inferior results.

For that reason, it can be assumed that the requirement of threonine does not exceed 3,2 % of dietary protein. On the other hand, no hints were obtained that the requirement is not satisfied by feeding 2,2 % threonine.

In experiments II a and b (2 x 44 fingerlings per group and 2 x 13 fingerlings per group, respectively), phenylalanine plus tyrosine were tested together in three different total concentrations (8,2 %, 10,3 % and 11,3 % of dietary protein).

The experiments demonstrated that a concentration of 8,1 % phenylalanine plus tyrosine was clearly not satisfactory for optimal growth. In general, superior results were obtained by feeding 11,3 % phenylalanine plus tyrosine compared to 10,3 %.

Phenylalanine was essential for small trout fingerlings (4,1 g BW), however, in larger trouts, despite the total absence of phenylalanine, a small, but definite weight gain could be observed. These findings raise the question concerning the essentiality of phenylalanine for larger trouts.

Tyrosine, on the other hand, could be replaced by phenylalanine, however, the supply with both amino acids seems to be necessary for optimal results.

The absolute phenylalanine requirements apparently depends on the total amount of both amino acids. Approximately equal performance was obtained by feeding 6,1 % phenylalanine, when the total sum of both amino acids was 10,3 % as well as by feeding 2,8 % phenylalanine of dietary protein, when 11,3 % of phenylalanine plus tyrosine was offered.

6. Literaturverzeichnis

ALBRECHT, M.L. und WÜNSCHE, J. (1972):

Der Gehalt an Aminosäuren im Protein niederer
Wassertiere und dessen Bedeutung für die
Fischernährung.

Arch. Tierernährung 22, 423

ALMQUIST, J.J. und GRAU, C.R. (1944):

The amino acid requirements of the chick.

J. Nutr. 28, 325

AOE, H., MASUDA, I., ABE, I., SAITO, T., TOYODA, T. und
KITAMURA, S. (1970):

Nutrition of protein in young carp. I. Nu-
tritive value of free amino acids.

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 36, 407

ARAI, S. und NOSE, T. (1979):

Priv. Mitteilung; zitiert nach COWEY, protein
and amino acid requirement of finfish,

S. 3 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology II,
HALVER, J.E. und TIEWS, K. eds.

Schriften der Bundesforschungsanstalt für
Fischerei

ARAI, S., NOSE, T. und HASHIMOTO, Y. (1972):

Amino acids essential for the growth of eels,
Anguilla anguilla and *A. japonica*.

Bull. Jap. Soc. Sci. Fish 38(7), 753

CHANCE, R.E. (1968):

Zitiert nach E.T. MERTZ; The protein and amino acid needs.

S. 105 in Fish Nutr., J.E. HALVER ed., Academic Press, New York, London, 1972

CHANCE, R.E., MERTZ, E.T. und HALVER, J.E. (1964):

Nutrition of salmonoid fishes. XII. Isoleucine, leucine, valine and phenylalanine requirements of chinook salmon and interrelations between isoleucine and leucine for growth. J. Nutr. 83, 177

COWEY, C.B. (1979):

Protein and amino acid requirements of finfish. S. 3 in Finfish Nutr. and Fishfeed Technology I, J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei 1979

FRANK, B. (1984): Untersuchungen über den Arginin- und Tryptophanbedarf der Regenbogenforelle (Salmo Gairdneri Richardson) mit Hilfe gereinigter Diäten. Med. Vet. Diss., Universität München

GROPP, J. (1982): Ernährung von Süßwasserfischen in der Intensivhaltung, S. 65 - 86

Süßwasserfische. Vermehren, Erzeugen, Vermarkten BOHL, M. Herausgeber, DLG Vlg. Frankfurt; 1982

GROPP, J. (1986): Grundlagen und Konzepte zur Forellenernährung S. 31 in Aktuelle Themen der Tierernährung und Veredelungswirtschaft, Zsf. der Vorträge der Wiss. Tagung vom 13. und 14.11.1985 Lohmann Tierernährung GmbH, Cuxhaven

GROPP, J. (1987): Mündliche Mitteilung

GROPP, J., KOOPS, H., TIEWS, K. und BECK, H. (1976):
Ersatz von Fischmehl im Forellentrocken-
futter
Arb. dt. Fischereiverb. 19, 85 - 102

HALVER, J.E. (1957 b):
Nutrition of salmonoid fishes IV. An amino
acid test diet for chinook salmon.
J. Nutr. 62, 245

HALVER, J.E., De LONG D.C. und MERTZ, E.T. (1957):
Nutrition of salmonoid fishes. V. Classi-
fication of essential amino acids for chinook
salmon.
J. Nutr. 63, 95

HALVER, J.E., De LONG, D.C. und MERTZ, E.T. (1958):
Threonine and lysine requirements of chinook
salmon.
Fed. Proc. 17, 1873

HALVER, J.E. und SHANKS, W.E. (1960):
Nutrition of salmonoid fishes. VIII. In-
dispensable amino acids for sockeye salmon.
J. Nutr. 72, 340

KAUSHIK, S. (1979): Application of a biochemical method for
the estimation of amino acid needs in fish:
quantitative arginine requirements of rain-
bow trout in different salinities. S. 197 in
Finfish Nutrition and Fishfeed Technology I,
J.E. HALVER und K. TIEWS eds. Schriften der
Bundesforschungsanstalt für Fischerei 1979

- KIM, K.I. und HAYES, T.B. (1983):
Test diet development and lysine requirement of rainbow trout.
Fed. Prod. 41(3), 716 (zitiert nach GROPP, 1986)
- KETOLA, H.G. (1983): Requirement for dietary lysine and arginine by fry of rainbow trout.
J. Anim. Sci. 56, 101 - 107 (zitiert nach GROPP, 1986)
- KLEIN, R.G. und HALVER, J.E. (1970):
Nutrition of salmonoid fishes: arginine and histidine requirements of chinook and coho salmon.
J. Nutr. 100, 1105
- MERTZ, E.T. (1972): The protein and amino acid needs. S. 105
in Fish Nutrition, J.E. HALVER ed.
Academic Press, New York, London
- NOSE, T., ARAI, S., LEE, D.L. und HASHIMOTO, Y. (1974):
A note on amino acids essential for growth of young carp.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 40, 903
- NOSE, T. (1979):
Summary report on the requirement of essential amino acids for carp. S. 145 in Fish Nutrition and Fishfeed Technology I, J.E. HALVER und K. TIEWS eds.
Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei

- OGINO, C. (1980): Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46 (2), 171
- PLAKAS, S.M., KATAYAMA, T., TANAKA, Y. und DESHIMARU, O. (1980):
Changes in the levels of circulating plasma free amino acids of carp (*Cyprinus carpio*) after feeding a protein and amino acid diet of similar composition.
Aquaculture 21, 307
- REITER, M. (1984): Rasteruntersuchungen über die Verbesserung gereinigter Diäten für Forellen.
Med. Vet. Diss., Universität München
- ROBINSON, E.H., ALLEN, O.W. jr., POE, W.E. und WILSON, R.P. (1978):
Utilization of dietary sulfur compounds by fingerling channel catfish: L- methionine, DL- methionine, methionine hydroxy analogue, taurin and inorganic sulfate.
J. Nutr. 108, 1932
- ROBINSON, E.H., POE, W.E. und WILSON, R.P. (1979):
Phenylalanine requirement of channel catfish.
Fed. Proc. 38, 284
- ROBINSON, E.H., WILSON, R.P. und POE, W.E. (1980 a):
Total aromatic amino acid requirement, phenylalanine requirement and tyrosine replacement value for fingerling channel catfish.
J. Nutr. 110, 1805

- ROBINSON, E.H., WILSON, R.P. und POE, W.E. (1980 b):
Reevaluation of the lysine requirement and
lysine utilization by fingerling channel
catfish.
J. Nutr. 110, 2313
- ROSE, W.C. (1938): The nutritive significance of the amino
acids.
Physiol. Rev. 18, 109
- SCHLISIO, W. und NICOLAI, B. (1977):
Kinetic investigations on the behaviour of
free amino acids in the plasma and of two
amino transferases in the liver of rainbow
trout (*Salmo gairdneri* Richardson) after
feeding on a synthetic composition contain-
ing pure amino acids.
Comp. Biochem. and Phys. B. 59 (4), 373
- SHANKS, W.E., CAHIMER, G.D. und HALVER, J.E. (1962):
Zitiert nach E.T. MERTZ: The protein and
amino acid need.
S. 105 in Fish Nutrition, J.E. HALVER ed.
Academic Press New York, London, 1972
- STRAUSS, J. (1982): Studien zum Lysinbedarf von Regenbogen-
forellen (*Salmo gairdneri* Richardson) mit
Hilfe gereinigter Diäten.
Med. Vet. Diss., Universität München
- SCHWALB, A. und GROPP, J. (1979)
A System for Continous Measurement of oxygen-
consumption by Fish
In: HALVER, J.E. und TIEWS, K. eds.:
Finfish Nutrition and Fishfeed

Technology, vol. II, 607 - 611

Heenemann Verlags GmbH, Berlin

TIEWS, K., KOOPS, G., GROPP, J. und TIEWS, J. (1973):

Über die Körperzusammensetzung netzkäfiggehaltener Forellen (*Salmo gairdneri*) in Abhängigkeit von Fütterung und Wachstum.

Arch. Fisch Wiss. 24, 261

WALTON et al. (1984):

Zitiert nach GROPP, J. 1986

Grundlagen und Konzepte zur Forellenernährung
S. 31 in Aktuelle Themen der Tierernährung
und Veredelungswirtschaft.

Zusammenfassung der Vorträge der wissenschaftlichen Tagung vom 13. und 14.11.1985.

Lohmann Tierernährung GmbH, Cuxhaven

WILSON, RO., POE, W.E. und ROBINSON, E.H. (1978):

Tryptophane and threonine requirements of fingerling channel catfish.

J. Nutr. 108, 1595

WILSON, R.P., POE, W.E. und ROBINSON, E.H. (1980):

Leucine, isoleucine, valine and histidine requirements of fingerling channel catfish.

J. Nutr. 110, 627

D a n k s a g u n g

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. J. Gropp für die Überlassung des Themas und die jederzeit gewährte freundliche Unterstützung.

Ebenso bin ich Herrn Dr. K.-H. Sternik für seine Ratschläge und Anregungen zu Dank verpflichtet.

Allen Mitarbeitern der Abteilung Oberwiesenfeld möchte ich für ihre Hilfsbereitschaft bei der Versuchsdurchführung herzlich danken.

L e b e n s l a u f

Name Erika Elisabeth Stieglmaier, geb. Helm

8.6.1958 geboren als Tochter des Rechtsanwalts
Dr. Adolf Helm und seiner Ehefrau Anne-
marie Helm, geb. Heuberger in Nürnberg

1964 - 1968 Volksschule Worzeldorf

1968 - 1978 Städt. Labenwolf-Gymnasium Nürnberg

Juni 1978 Abitur

1978 - 1979 Studium an der Universität Erlangen-
Nürnberg (Lehramt an Grundschulen)

1979 - 1981 Berufsausbildung bei der Fa. Heumann,
Nürnberg, zur Biologielaborantin

Juli 1981 Abschlußprüfung als Biologielaborantin

1981 Beginn des Studiums der Tiermedizin an
der Ludwig- Maximilian-Universität in
München

21.12.1984 Eheschließung mit dem Pferdewirtschafts-
meister Walter Stieglmaier in Roth

Nov. 1986 Staatsexamen

Jan. 1987 Approbation als Tierärztin

